

REC'D 17 FEB 2005

WIPO

PCT

IB/2004/05290



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04100006.8 ✓

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:

Application no.: 04100006.8 ✓

Demande no:

Anmeldetag:

Date of filing: 05.01.04

Date de dépôt: ✓

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property GmbH

20099 Hamburg

ALLEMAGNE

Koninklijke Philips Electronics N.V.

Groenewoudseweg 1

5621 BA Eindhoven

PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:

(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.

If no title is shown please refer to the description.

Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H02M3/158

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers

Die Erfindung betrifft DC/DC-Wandler mit mehreren Ausgängen, die sowohl Tiefsetzsteller, als auch Hochsetzsteller sind und hier Tief-Hochsetzsteller genannt
5 werden. DC/DC Tief-Hochsetzsteller erzeugen Ausgangsspannungen, die unterhalb, oberhalb oder auf dem Niveau der Eingangsspannung liegen.

Aus der Praxis bekannt sind Wandler, die sowohl Tief-, als auch Hochsetzsteller sind, aber eine Vielzahl von Transistoren oder Schaltern anderen Typs benötigen und dadurch
10 relativ teuer sind. Ebenfalls bekannt sind Tiefsetzsteller und Hochsetzsteller mit mehreren Ausgängen, die jedoch nicht gleichzeitig sowohl eine hohe, als auch eine niedrige Ausgangsspannung versorgen können.

Ein Buck-Converter (Tiefsetzsteller) und ein Boost-Converter (Hochsetzsteller) unterscheiden sich im wesentlichen durch die Anordnung des Speichermittels für die
15 induktive Energie, beispielsweise eine Spule oder Drossel (im folgenden lediglich mit Spule bezeichnet). Beim Buck-Converter ist zwischen dem einen Pol der die Eingangsspannung erzeugenden Gleichspannungsquelle und der Spule das Hauptschaltmittel angeordnet, während beim Boost-Converter die Spule direkt mit dem einen Pol der die
20 Eingangsspannung erzeugenden Gleichspannungsquelle verbunden ist und das Hauptschaltmittel zwischen dem anderen Ende der Spule und dem anderen Pol der Gleichspannungsquelle angeordnet ist. Bezüglich der Anwendung liegt der Unterschied in der Höhe der Hauptspannung mit der größten Last. Beim Buck-Converter ist die mit einer hohen Last versehene Hauptspannung niedriger als die Eingangsspannung, während
25 beim Boost-Converter die mit einer hohen Last versehene Hauptspannung höher ist als die Eingangsspannung.

Die US 2002/0113580 A1 offenbart einen DC/DC Tief-Hochsetzsteller, der Speichermittel für induktive Energie, Schaltmittel und Steuermittel aufweist. Diese Steuermittel
30 sind vorgesehen, um die Schaltmittel wirksam zu steuern, damit elektrische Energie zu

5 einem ersten Ausgang des DC/DC-Wandlers in einem Abwärts-Modus (Buck) übertragen wird und von dem ersten Ausgang zu einem zweiten Ausgang des DC/DC-Wandlers in einem Aufwärts-Modus (Boost). Diese Anordnung hat den Nachteil, dass Ladung, die in den zweiten Ausgang übertragen werden soll, zweimal das Speicher-
mittel für induktive Energie passieren muss und auf diese Weise hohe Verluste in Kauf
genommen werden müssen. Zudem muss der Ausgangskondensator des ersten
Ausgangs die Ladung zwischenspeichern, was zu einer erhöhten Ausgangsspannungs-
welligkeit des ersten Ausgangs führt.

- 10 Des weiteren weist dieser Wandler genau zwei Ausgänge auf, einen ersten mit einer Spannung, die unterhalb der Eingangsspannung liegt und einen zweiten, mit einer Spannung, die oberhalb der Eingangsspannung liegt. Für die Realisierung dieses Tief-Hochsetzstellers sind zwar lediglich drei Schaltmittel erforderlich. Für viele elektronische Geräte sind aber mehr als zwei Versorgungsspannungen erforderlich. Der
15 in US 2002/0113580 A1 offenbarte Wandler reicht für solche Geräte nicht aus.

US-Patent 6,437,545 B2 offenbart ein Steuerschema für einen Tief-Hochsetzsteller in Fig.6 mit mehreren Ausgängen. Dieser DC/DC Converter umfasst Mittel zur Speicherung von induktiver Energie, Schaltmittel und Steuermittel, wobei die
20 genannten Steuermittel angeordnet sind, um selektiv die Schaltmittel so zu steuern, dass elektrische Energie an einen Ausgang übertragen wird. Die Steuermittel sind angeordnet, um die mehreren Ausgänge zu steuern, indem sie eine Anzahl von einzelnen Schalt-Zyklen für jeden Ausgang zur Verfügung stellen sowie zum Erstellen eines Hauptausgangs unter den genannten vielen Ausgängen, der den höchsten Betrag an
25 Energie erfordert. Diese Steuerung sieht eine Schaltfolge von unterschiedlichen Schalt-Zyklen vor, bei der jeder Schalt-Zyklus mit einer Phase Φ_1 beginnt, bei der alle Schalter, welche einem der Ausgänge zugeordnet sind, offen sind und der Hauptschalter, der in Reihe mit einer Spule zwischen dem Plus-Pol und dem Minus-Pol der Eingangsspannung angeordnet ist, geschlossen ist. Während der Phase Φ_1 wird in der Spule
30 Energie aufgebaut, da in dem Stromkreis kein sonstiger Verbraucher angeordnet ist. Im

Anschluss an den Stromaufbau schließt sich eine weitere Phase an, bei der einer der Schalter, welche genau einem Ausgang zugeordnet sind, geschlossen ist, wodurch die Energie in der Spule wieder abgebaut wird. Wenn der Strom durch die Spule wieder den Wert erreicht hat, den er zu Beginn der Aufbauphase hatte und somit ein Gleichgewicht
5 wieder hergestellt ist, beginnt wieder eine Stromaufbauphase Φ_1 mit anschließendem Stromabbau über genau einen Lastzweig. Eine Schaltfolge besteht also aus mehreren aneinandergereihten Schalt-Zyklen derart, dass auf eine Phase des Stromaufbaus eine Phase des Stromabbaus folgt. Der dort beschriebene und in der dortigen Figur 6 gezeigte Tief-Hochsetzsteller ist lediglich für zwei Ausgänge eingerichtet und weist je
10 ein Schaltmittel (S4, S5) für die beiden Ausgänge auf sowie ein Hauptschaltmittel (S1), ein Freilaufschaltmittel (S2) und ein weiteres Schaltmittel (S3), welches zwischen dem den Konverter-Ausgängen zugewandten Ausgang der Spule und dem nicht mit dem Hauptschaltmittel verbundenen Pol der die Eingangsspannung erzeugenden Gleichspannungsquelle angeordnet ist und welches im Buck-Betrieb offen ist, aber für den
15 Boost-Betrieb erforderlich ist. Somit werden zusätzlich zu den Schaltmitteln, die die Verteilung des Stromflusses zwischen den verschiedenen Ausgangszweigen steuern (D2, S4, S5), insgesamt 3 Schaltmittel (D1, S4, S3) benötigt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein möglichst kostengünstig zu realisierendes Verfahren
20 zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzsteller anzugeben, welcher zumindest zwei Ausgänge aufweist. Von den zwei Ausgängen kann gleichzeitig einer höher und einer niedriger sein als die Eingangsspannung.

Es werden sowohl für Tief-Hochsetzsteller, die auf Basis eines Buck-Converters
25 aufgebaut sind, als auch für solche, die auf Basis eines Boost-Converters aufgebaut sind, erfindungsgemäße Verfahren angegeben.

Die Aufgabe wird durch ein in Anspruch 1 definiertes Verfahren gelöst, welches einen sogenannten Buck-Converter betrifft. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die
30 bei einem Buck-Converter im Verlauf eines Schalt-Zyklus in der Spule gespeicherte

Energie auch zum Speisen einer Ausgangsspannung, die höher als die Eingangsspannung ist, verwendet. Schalt-Zyklus bedeutet in diesem Zusammenhang eine Folge von Schaltphasen, welche wiederum definierten Zuständen der Schaltmittel entsprechen. Ein Schalt-Zyklus besteht prinzipiell aus einer Aufbauphase und einer sich anschließenden Abbauphase des jeweiligen Spulen-Stroms, welcher durch das Speichermittel für induktive Energie fließt. Die Aufbauphase und/oder die Abbauphase sind dabei unterteilt in zwei oder mehr Phasen. Eine Phase steht für eine bestimmte Kombination der Zustände aller Schaltmittel. Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass durch geschicktes Verteilen der Ladung des induktiven Speichermittels auf alle Ausgänge auf das weitere Schaltmittel und dessen Ansteuerung der den Stand der Technik bildenden US 6,437,545 B2 verzichtet werden kann und somit die Schaltungsanordnung kostengünstiger realisiert werden kann.

Das in Anspruch 1 definierte Verfahren kann auf besonders einfache Weise für weitere Ausgänge erweitert werden. Dafür wird alternativ der Schalt-Zyklus in eine weitere Schaltphase unterteilt, die diesen zusätzlichen Ausgang betrifft oder eine bestehende Schaltphase wechselweise für aufeinanderfolgende Schalt-Zyklen für den einen oder den anderen Ausgang verwendet, so dass quasi ein toggelndes Bedienen zweier Ausgänge erfolgt.

Bevorzugt erzeugt das Steuermittel für jedes Schaltmittel Schaltphasen, welche so zusammengesetzt sind, dass die Abbauphase des Spulen-Stroms zumindest zwei Schaltphasen aufweist. Bei genau zwei Schaltphasen während der Abbauphase bedeutet dies, dass der korrespondierende DC/DC Tief-Hochsetzsteller genau zwei Ausgänge aufweist und alle (beide) Ausgänge während eines Schalt-Zyklus nacheinander mit Ladung versorgt werden. Genau zwei Ausgänge bedeutet in diesem Fall ein Ausgang mit einer kleinen Spannung und ein Ausgang mit einer hohen Spannung, jeweils relativ zur Eingangsspannung.

Bei drei Schaltphasen während der Abbauphase bedeutet es, dass der korrespondierende DC/DC Tief-Hochsetzsteller drei Ausgänge aufweist und alle (drei) Ausgänge während eines Schalt-Zyklus nacheinander mit Ladung versorgt werden.

- 5 Nach einer Ausführungsform beinhaltet ein Schalt-Zyklus alle Schaltphasen genau einmal.

- Die Aufgabe wird ebenfalls durch ein in Anspruch 4 definiertes Verfahren gelöst, welches einen sogenannten Boost-Converter betrifft. Bei diesem erfindungsgemäßen
- 10 Verfahren gibt es im Verlauf des Speicherns von Energie in der Spule auch eine Phase, in der eine Ausgangsspannung gespeist wird, die unterhalb der Eingangsspannung liegt. Die Aufbauphase und / oder die Abbauphase des Spulen-Stroms ist dabei in zwei oder mehr Phasen unterteilt. Eine Phase steht für eine bestimmte Kombination der Zustände aller Schaltmittel. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt gegenüber dem Stand der
- 15 Technik aus Fig. 6 der US 6,437,545 B2 die dort mit S1 und S2 bezeichneten Schaltmittel einzusparen. Somit lässt sich die Schaltungsanordnung kostengünstiger realisieren.

- Bevorzugt erzeugt das Steuermittel für jedes Schaltmittel Schaltphasen, welche so
- 20 zusammengesetzt sind, dass die Aufbauphase des Spulen-Stroms zumindest zwei Schaltphasen aufweist. In mindestens einer dieser Schaltphasen wird ein Ausgang mit kleinerer Spannung als die Eingangsspannung mit Ladung versorgt. In der oder den Stromabbauphasen werden der oder die Ausgänge versorgt, deren Spannungen über der Eingangsspannung liegen.

- 25 Das in Anspruch 4 definierte Verfahren kann auf besonders einfache Weise für einen weiteren Ausgang erweitert werden. Dafür wird alternativ

- der Schalt-Zyklus in eine weitere Schaltphase unterteilt, die diesen zusätzlichen Ausgang betrifft oder
- 30 - eine Schaltphase wechselweise für aufeinanderfolgende Schalt-Zyklen für den einen oder den anderen Ausgang angewandt, so dass quasi ein toggelndes Bedienen zweier Ausgänge erfolgt.

Durch mehrfaches Durchführen dieser Verfahren können beliebig viele Ausgänge hinzugefügt werden.

- 5 Nach einer Ausführungsform beinhaltet ein Schalt-Zyklus alle Schaltphasen genau einmal.

Die Schaltmittel können MOSFETs (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistors), IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor), GTOs (Gate Turn-Off
10 Switches), Bipolar-Transistoren oder beliebige andere Transistoren oder Schalter sein. Sie sind bevorzugt MOSFETs, da sich der erfindungsgemäße Tief-Hochsetzsteller dann besonders einfach realisieren lässt.

Der erfindungsgemäße DC/DC-Converter eignet sich zur Anwendung in elektronischen
15 Apparaten, in denen Verbraucher mit unterschiedlichen Spannungen versorgt werden müssen, beispielsweise in Mobilfunktelefonen, PDAs (Personal Digital Assistants) oder MP3-Spielern.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen lediglich beispielhaft
20 erläutert, wobei

- Figur 1 eine schematische Schaltungsanordnung für einen Buck-Converter zeigt;
Figur 2 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer ersten Variante
eines Schaltschemas für einen Buck-Converter ist;
Figur 3 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer zweiten
25 Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter ist;
Figur 4 eine schematische Schaltungsanordnung für einen Boost-Converter zeigt;
Figur 5 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer ersten Variante
eines Schaltschemas für einen Boost-Converter ist;
Figur 6 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer zweiten
30 Variante eines Schaltschemas für einen Boost-Converters ist.

Figur 1 zeigt eine schematische Schaltungsanordnung für einen auf einem Buck-Converter basierenden Tief-Hochsetzsteller. Ein Schaltmittel T_1 , das zwischen einem Plus-Pol der eine Eingangsspannung U_{in} erzeugenden Gleichspannungsquelle und einer als Energie speicherndes Mittel eingesetzten Spule L_1 angeordnet ist, ist als Haupt-
5 schalter eingesetzt, der die Eingangsspannung zu- oder abschaltet. Parallel zu dem Schaltmittel T_1 ist eine erste Diode D_1 so angeordnet, dass ihre Anode zu der Spule L_1 ausgerichtet ist und sie sich bei geöffnetem Schaltmittel T_1 entladen kann, wenn das Potential an X_1 der Spule L_1 höher ist als das von U_{in} . Der in diesem Beispiel dargestellte Tief-Hochsetzsteller mit mehreren Ausgängen verfügt über drei Ausgänge A, B
10 und C, wobei die Hauptspannung die Spannung U_A ist, welche kleiner ist als die Eingangsspannung U_{in} und die größte Last in dem Schaltkreis aufweist. Ein Spulen-Strom I_{L1} wird über ein Schaltmittel T_3 auf diesen Zweig des Schaltkreises gegeben. An einem Nebenausgang liegt eine Spannung U_B an, die größer ist als die Eingangsspannung U_{in} . Dieser Zweig des Schaltkreises muss nicht über ein steuerbares Schalt-
15 mittel verfügen, sondern reicht gegebenenfalls eine Diode D_3 , die in Reihe mit dem Ausgang U_B geschaltet ist. Der die Last C betreffende Zweig stellt lediglich beispielsweise eine Erweiterungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Tief-Hochsetzstellers dar. Die Höhe der an diesem Ausgang anliegende Spannung U_C bzw. die zu versorgende Last C ist hier nicht näher definiert, da es letztendlich nur auf ein Gleichgewicht aller
20 beteiligten Lasten ankommt. Ein Controller überwacht die Ausgangsspannungen U_A , U_B , U_C und steuert die Schaltmittel T_1 , T_2 , T_3 , T_4 entsprechend den Anforderungen.

Die Spule L_1 greift an dem der Eingangsspannung zugeordneten Ende X_1 zwischen dem Hauptschaltmittel T_1 und dem Freilaufschaltmittel D_2 , T_2 ab. Die mittlere Spannung an
25 X_1 wird durch das Tastverhältnis des Hauptschaltmittels T_1 eingestellt.

Der Schalter T_2 ist optional. Für die Funktion des Wandlers wesentlich ist, dass bei geöffnetem Hauptschaltmittel T_1 der Spulen-Strom I_{L1} im unteren Zweig über die zweite Diode D_2 zu der Spule L_1 hin fließen kann. Die Diode D_2 ist mit der Anode zum
30 einem der Pole, hier zum Minus-Pol, der die Eingangsspannung U_{in} erzeugenden

Gleichspannungsquelle hin angeordnet und mit der Kathode zum schalterseitigen Ende der Spule L_1 ausgerichtet. Da an der Diode D_2 auch in Durchlass-Richtung Verluste entstehen, kann parallel zu ihr ein Schaltmittel T_2 angeordnet werden zwecks Reduktion der Durchlassverluste.

5

Figur 2 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom I_{L1} gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter betrifft. Bei dem ersten Schaltschema besteht ein Schalt-Zyklus SZ_1 aus einer Aufbauphase des Spulen-Stroms I_{L1} und einer sich anschließenden mehrphasigen (hier: zweiphasigen) Abbau-
10 phase. Die Gleichgewichtslinie GL deutet an, dass bei geeignetem Tastverhältnis des Hauptschaltmittels T_1 der Spulen-Strom I_{L1} zu Beginn und am Ende des Schalt-Zyklus SZ_1 den gleichen Wert hat. Steigt die Last an den Ausgängen mit hoher Ausgangsspannung zu sehr, so kann jedoch kein Gleichgewicht eingestellt werden und die Gleichgewichtslinie wird verlassen. Der hier dargestellte Schalt-Zyklus SZ_1 besteht aus
15 mehreren Phasen Φ_1 , Φ_2 und Φ_3 , welche folgenden Zuständen der Schaltmittel T_1 , T_2 , T_3 und T_4 entsprechen:

Φ_1 : T_1 und T_3 sind geschlossen, T_4 ist geöffnet. Das optionale Schaltmittel T_2 ist geöffnet. Der Spulen-Strom I_{L1} steigt an, und speist gleichzeitig Ausgang A.

20

Φ_2 : T_1 ist geöffnet, T_3 und das optionale Schaltmittel T_2 sind geschlossen. Ein Teil der in der Spule L_1 gespeicherten Energie wird zum Ausgang A transferiert, wobei der Spulen-Strom I_{L1} abnimmt.

25 Φ_3 : T_3 ist geöffnet, das optionale Schaltmittel T_2 ist geschlossen. Der Spulen-Strom I_{L1} sinkt nun schneller ab und fließt durch den Zweig mit dem Ausgang B über die Diode D_3 , so lange, bis sein Ausgangswert wieder erreicht ist.

Während eines Schalt-Zyklus werden nacheinander die zumindest zwei vorhandenen
30 Ausgänge A, B versorgt.

Figur 3 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom I_{L1} gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter betrifft. Bei dem zweiten Schaltschema handelt es sich um einen zweiten Schalt-Zyklus SZ_2 , der aus einer Aufbauphase des ersten Spulen-Stroms I_{L1} und einer sich anschließenden

5 mehrphasigen (hier: zweiphasigen) Abbauphase besteht, wobei während der Abbauphase andere Schalterzustände zugrunde liegen, nämlich wird hier der Ausgang gewechselt während das Hauptschaltmittel T_1 zunächst geschlossen gehalten wird, bevor es in der nächsten Schaltphase geöffnet wird. Auch hier ist wieder die Gleichgewichtslinie GL eingetragen, die die Anpassung des Tastverhältnisses des Hauptschalt-

10 mittels T_1 an die Lasten andeutet. Zusätzlich ist der bestimmungsgemäße Betrieb des Konverters nur möglich, wenn die Lasten bestimmte Randbedingungen einhalten. Der hier dargestellte Schalt-Zyklus SZ_2 besteht aus mehreren Phasen Φ_4 , Φ_5 und Φ_6 , welche folgenden Zuständen der Schaltmittel T_1 , T_2 , T_3 und T_4 entsprechen:

15 Φ_4 : T_1 und T_3 sind geschlossen und T_4 ist geöffnet. Das optionale Schaltmittel T_2 ist geöffnet. Während der Aufbauphase des Spulen-Stroms I_{L1} wird auch bereits ein Ausgang mit relativ kleiner Ausgangsspannung, hier Ausgang A, bedient.

Φ_5 : T_1 ist weiterhin geschlossen, T_3 und T_4 sind geöffnet. Das optionale Schaltmittel T_2

20 ist geöffnet. Obwohl das Hauptschaltmittel T_1 noch geschlossen ist und somit die Schaltungsanordnung weiterhin an der Spannungsversorgung U_{in} anliegt, beginnt bereits die Stromabbauphase, da der Lastzweig mit einer Ausgangsspannung, die größer ist als die Eingangsspannung ($U_B > U_{in}$) versorgt wird. Der Strom nimmt dabei relativ langsam ab.

25 Φ_6 : T_1 , T_3 und T_4 sind geöffnet. Das optionale Schaltmittel T_2 ist geschlossen. Im zweiten Teil der Stromabbauphase fällt die Kurve relativ steil ab, da die Ausgangsspannung U_B alleine von der in der Spule L_1 gespeicherten Energie versorgt wird. Der Stromkreis besteht nun aus der Spule L_1 , der Diode D_3 im Lastzweig B, der Parallel-

30 schaltung eines Glättungs-Kondensators mit einem die Last A repräsentierenden Ausgangswiderstand und der Diode D_2 , optional dem Schaltmittel T_2 .

Zusammengefasst besteht der Schalt-Zyklus SZ_1 oder SZ_2 eines Buck-Converters erfindungsgemäß aus einer Aufbauphase Φ_1 bzw. Φ_4 und zumindest zwei sich anschließenden Stromabbauphasen Φ_2 und Φ_3 bzw. Φ_5 und Φ_6 . Die in Figur 2 und Figur 3 gezeigten Diagramme betreffen die Stromaufbauphasen und die Stromabbauphasen eines Tief-Hochsetzstellers, der auf einem Buck-Converter basiert und eine Haupt-Ausgangsspannung U_A aufweist, die kleiner ist als die Eingangsspannung U_{in} , und deren zumindest eine Nebenspannung U_B größer ist, als die Eingangsspannung U_{in} . Gegenüber dem Stand der Technik erfolgt erfindungsgemäß der Strom-Abbau nicht einzig durch Abschalten des Hauptschaltmittels T_1 , sondern auch durch Versorgen einer hohen Ausgangsspannung. Dies wird dadurch erreicht, dass pro Schalt-Zyklus SZ_1 bzw. SZ_2 mehrere beteiligte Ausgänge A, B, eventuell auch C, bedient werden. Der Lastzweig C deutet an, dass nach diesem Schema auch weitere Ausgänge mit über oder unter der Eingangsspannung U_{in} liegenden Ausgangsspannungen (hier: U_C) gebildet werden können, wobei jedoch die Bedingung gilt, dass am Ende eines Schalt-Zyklus SZ_1 bzw. SZ_2 das Gleichgewicht GL erreicht sein muss. Jedoch kann ein Schaltzyklus auch mehrere EIN- und AUS-Phasen von T_1 und D_2 haben.

Figur 4 zeigt eine schematische Schaltungsanordnung für einen auf einem Boost-Converter basierenden Tief-Hochsetzsteller. Ein Schaltmittel T_5 , das zwischen einem Minus-Pol der eine Eingangsspannung U_{in} erzeugenden Gleichspannungsquelle und einer als Energie speicherndes Mittel eingesetzten Spule L_2 angeordnet ist, ist als Hauptschalter eingesetzt. Der in diesem Beispiel dargestellte Tief-Hochsetzsteller mit mehreren Ausgängen verfügt über drei Ausgänge D, E und F, wobei der Hauptausgang die Spannung U_E hat, welche größer ist als die Eingangsspannung U_{in} . Dieser Hauptausgang weist eine hohe Last auf. Ein Spulen-Strom I_{L2} wird so lange über die Diode D_4 in den Lastzweig E gegeben, wie das Potential Y_2 auf der der Diode D_4 zugewandten Seite der Spule L_2 höher ist als die Ausgangsspannung U_E . An mindestens einem Nebenausgang, hier Zweig D, liegt eine Nebenspannung U_D an, die kleiner ist als die Eingangsspannung U_{in} . In diesem Ausführungsbeispiel ist ein weiterer Ausgangszweig eingezeichnet, mit einer Nebenspannung U_F , die lediglich beispielhaft größer ist als die

Eingangsspannung U_{in} . Diese weitere Nebenspannung U_F könnte auch kleiner sein. Ein Controller überwacht die Ausgangsspannungen U_D , U_E und U_F und steuert die Schaltmittel T_5 , T_6 und T_7 entsprechend den Anforderungen. Für die Erfindung wesentlich ist, dass bereits während der Aufbauphase des Spulen-Stroms I_{L2} der Nebenausgang D
5 versorgt wird.

Figur 5 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom I_{L2} gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter betrifft. Bei dem ersten Schaltschema besteht ein Schalt-Zyklus SZ_3 aus einer zweiphasigen Aufbauphase
10 des Spulen-Stroms I_{L2} und zumindest einer sich anschließenden Abbauphase. Die Gleichgewichtslinie GL deutet an, dass im Gleichgewichtszustand bei korrekter Anpassung des Tastverhältnisses des Hauptschaltmittels T_5 an die Lasten erreicht wird. Zusätzlich ist der bestimmungsgemäße Betrieb des Konverters nur möglich, wenn die Lasten bestimmte Randbedingungen einhalten. Der hier dargestellte Schalt-Zyklus SZ_3
15 besteht aus mehreren Phasen Φ_7 , Φ_8 und Φ_9 , welche folgenden Zuständen der Schaltmittel T_5 , T_6 und T_7 entsprechen:

- Φ_7 : T_5 ist geschlossen und T_6 und T_7 sind geöffnet. Der Spulen-Strom I_{L2} steigt an.
- 20 Φ_8 : T_6 ist geschlossen und T_5 und T_7 sind geöffnet. Der Spulen-Strom I_{L2} steigt weiterhin an, jedoch abgeflachter im Vergleich zur ersten Phase Φ_7 , da ein Verbraucher zugeschaltet wurde, und zwar eine Nebenspannung mit einer kleinen Ausgangsspannung, hier der Lastzweig D mit $U_D < U_{in}$.
- 25 Φ_9 : T_5 , T_6 und T_7 sind geöffnet. Über die Diode D_4 wird der Lastzweig E mit der Energie des induktiven Speichermittels L_2 versorgt.

Figur 6 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom I_{L2} gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Boost-Converter betrifft. Dieses
30 Beispiel zeigt die zweiphasige Aufbauphase und die ebenfalls zweiphasige Abbauphase

des Stromes für einen DC/DC Converter, der drei Ausgänge D, E und F aufweist. Die Stromaufbauphase besteht dabei aus den Phasen Φ_{10} und Φ_{11} , die Stromabbauphase aus den beiden Phasen Φ_{12} und Φ_{13} . Bei diesem Ausführungsbeispiel wird jeder der Ausgänge während eines Schalt-Zyklus SZ_4 angesteuert.

5

Φ_{10} : T_5 ist geschlossen, T_6 und T_7 sind geöffnet. In der Spule L_2 wird Energie gespeichert.

10 Φ_{11} : T_5 und T_7 sind geöffnet, T_6 ist geschlossen. Der Zweig D wird bedient, so dass der Anstieg des Spulen-Stroms I_{L2} weniger steil weiter verläuft.

Φ_{12} : T_5 , T_6 und T_7 sind geöffnet, so dass über die Diode D_4 im Zweig E die Ausgangsspannung U_E erzeugt wird, welche bei diesem Boost-Converter die Hauptspannung ist und größer ist als die Eingangsspannung U_{in} .

15

Φ_{13} : T_5 und T_6 sind geöffnet, T_7 ist geschlossen. Ein Teil der in der Spule L_2 gespeicherten Energie wird zum Ausgang U_F transferiert.

20 Für die Diagramme in den Fig. 2, 3, 5 und 6 gilt, dass die schraffierten Fläche unterhalb der Linie I_{L1} bzw. I_{L2} den Strombedarf des jeweiligen Ausganges A, B, C, D, E und F darstellt. Das Schaltschema gibt sowohl die Reihenfolge an, in der die Ausgänge bedient werden, als auch die jeweilige Dauer. Das gleiche Ergebnis lässt sich auch mit einer anderen Reihenfolge innerhalb eines Schaltzyklus SZ_i erreichen, wenn die Dauern der Phasen $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_{13}$ entsprechend angepasst werden, so dass die Größen der
25 Flächen dieselben bleiben. Der Controller steuert die definierte Lastverteilung durch entsprechendes Stellen der Schaltmittel.

Die in den Figuren 2, 3, 5 und 6 dargestellten Schaltphasen und Schalt-Zyklen sind lediglich Beispiele. Wenn das erfindungsgemäße Verfahren für einen DC/DC Tief-
30 Hochsetzsteller mit mehr als den dargestellten Ausgängen verwendet werden, wird es dahingehend variiert, dass alternativ

- ein Schalt-Zyklus in mehr Schaltphasen unterteilt wird, unter Berücksichtigung der Gleichgewichtslinie GL und / oder
 - unterschiedlich zusammengesetzte Schalt-Zyklen sich abwechseln im Gegensatz zu dem jeweils dargestellten einzelnen Schalt-Zyklus, der alle vorhandenen Ausgänge
- 5 bedient.

Die Steuerung des jeweiligen Hauptschaltmittels T_1 für den Buck-Converter in Figur 1 bzw. T_5 für den Boost-Converter in Figur 3 sowie gegebenenfalls des Freilaufschaltmittels T_2 kann bezüglich der Frequenz unabhängig von der Steuerung der Ausgangs-

10 schaltmittel T_3 , T_4 , T_6 und T_7 erfolgen. In diesem Fall lässt sich das Verhalten nicht mehr mithilfe von Schaltphasen darstellen.

Die Schaltmittel D_3 und D_4 können optional auch durch andere Halbleiterschalter ersetzt werden (Synchrongleichrichtung).

15

Sämtliche dargestellte und erwähnte Spannungsquellen können auch durch solche mit umgekehrter Polarität ersetzt werden, wenn in diesem Fall alle Dioden umgedreht werden. Von niedrigerer Spannung wird allgemein geredet, wenn die Spannung näher an Null ist.

20

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers, der
- eine Eingangsspannung (U_{in}) und zumindest eine erste und eine zweite Ausgangsspannung (U_A , U_B),
 - zumindest ein induktives Mittel (L_1) zur Energiespeicherung, das mit einem ersten
 - 5 Anschluss (X_1) an ein Hauptschaltmittel (T_1) angeschlossen ist und mit einem zweiten Anschluss (Y_1) über Schaltmittel (T_3 , D_3) mit mindestens zwei Ausgängen (A, B) verbunden werden kann,
 - Ausgangsschaltmittel (T_3 , D_3) zur Versorgung der ersten und zweiten Ausgangsspannungen (U_A , U_B) mit elektrischer Energie durch Zuführen eines Spulen-
 - 10 Stroms (I_{L1}),
 - ein Hauptschaltmittel (T_1) zwischen dem induktiven Mittel (L_1) zur Energiespeicherung und einer die Eingangsspannung (U_{in}) erzeugenden Gleichspannungsquelle
 - ein Freilaufschaltmittel (T_2 , D_2), das die Fortsetzung des Stromflusses im induktiven
 - 15 Mittel (L_1) ermöglicht, wenn das Hauptschaltmittel (T_1) abgeschaltet ist und
 - ein Steuermittel (Controller) zum selektiven Betätigen aller Schaltmittel (T_1 , T_2 , T_3 , T_4)
- aufweist, wobei
- an dem ersten Ausgang (A) die erste Ausgangsspannung (U_A) anliegt, die niedriger
 - 20 ist als die Eingangsspannung (U_{in}) und
 - an dem zweiten Ausgang (B) die zweite Ausgangsspannung (U_B) anliegt, die größer ist als die Eingangsspannung (U_{in}),
 - zumindest ein weiteres Schaltmittel (T_3) zur Richtungssteuerung des Spulen-Stroms (I_{L1}) in den ersten Ausgang (A) oder in den zweiten Ausgang (B) in Reihe mit dem
 - 25 ersten Ausgang (A) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Steuermittel (Controller)

-- das oder die Ausgangsschaltmittel (T_3 , T_4) so steuert, dass im Verlauf eines Schalt-Zyklus (SZ_1 , SZ_2) der Spulen-Strom (I_{L1}) aus dem zweiten Anschluss (Y_1) in beide

5 Ausgangszweige (A, B) fließt und

-- den Hauptschalter (T_1) im eingeschwungenen Zustand des Tief-Hochsetzstellers so steuert, dass die mittlere Spannung am ersten Anschluss (X_1) gleich der am zweiten Anschluss (Y_1) ist.

- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Steuermittel (Controller) für die Schaltmittel (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) Schaltphasen (Φ_2 , Φ_3 bzw. Φ_5 , Φ_6) erzeugt und der Verlauf des Spulen-Stroms (I_{L1}) eine Aufbauphase und eine Abbauphase umfasst,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Abbauphase des Spulen-Stroms (I_{L1}) zumindest zwei Schaltphasen (Φ_2 , Φ_3

15 bzw. Φ_5 , Φ_6) aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Schalt-Zyklus (SZ_1 , SZ_2) alle Schaltphasen (Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 bzw. Φ_4 , Φ_5 , Φ_6) genau
20 einmal beinhaltet.

4. Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers, der

- eine Eingangsspannung (U_{in}) und zumindest einer ersten und einer zweiten
Ausgangsspannung (U_D , U_E),

- 25 - zumindest ein induktives Mittel (L_2) zur Energiespeicherung, das mit einem ersten Anschluss (X_2) an einer die Eingangsspannung (U_{in}) erzeugenden Gleichspannungsquelle angeschlossen ist und mit einem zweiten Anschluss (Y_2) über Schaltmittel (T_6 , D_4) mit den Ausgängen (D, E) verbunden werden kann,
- Ausgangsschaltmittel (T_6 , D_4) zur Versorgung der ersten und der zweiten Ausgangs-
30 spannung (U_D , U_E) mit elektrischer Energie durch Zuführen eines Spulen-Stroms (I_{L2}),

- ein Hauptschaltmittel (T_5) zwischen einem zweiten Anschluss (Y_2) des induktiven Mittels (L_2) zur Energiespeicherung und dem anderen Pol der Gleichspannungsquelle und
- ein Steuermittel (Controller) zum selektiven Betätigen der aller Schaltmittel (T_5 , T_6 , T_7)

aufweist, wobei

- an dem ersten Ausgang (D) die erste Ausgangsspannung (U_D) anliegt, die niedriger ist als die Eingangsspannung (U_{in}) und
- an dem zweiten Ausgang (E) die zweite Ausgangsspannung (U_E) anliegt, die größer ist als die Eingangsspannung (U_{in}),
- zumindest ein weiteres Schaltmittel (T_6) zur Richtungssteuerung des Spulen-Stroms (I_{L2}) in den ersten Ausgang (D) oder in den zweiten Ausgang (E) in Reihe mit dem ersten Ausgang (D) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass das Steuermittel (Controller)

-- das oder die Ausgangsschaltmittel (T_6 , T_7) so steuert, dass im Verlauf eines Schalt-Zyklus (SZ_3 , SZ_4) der Spulen-Strom (I_{L2}) aus dem zweiten Anschluss (Y_2) mindestens einmal in beide Ausgangszweige (D, E, F) fließt und

20 -- das Hauptschaltmittel (T_5) im eingeschwungenen Zustand des Tief-Hochsetzstellers so steuert, dass die mittlere Spannung am zweiten Anschluss (Y_2) der Spule (L_2) gleich der am ersten Anschluss (X_2) also gleich der Eingangsspannung (U_{in}) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Steuermittel (Controller) für jedes Schaltmittel (T_5 , T_6 , T_7) Schaltphasen (Φ_7 , Φ_8 , Φ_9 bzw. Φ_{10} , Φ_{11} , Φ_{12} , Φ_{13}) erzeugt und
25 der Verlauf des Spulen-Stroms (I_{L2}) eine Aufbauphase und eine Abbauphase umfasst,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Aufbauphase des Spulen-Stroms (I_{L2}) zumindest zwei Schaltphasen (Φ_7 , Φ_8 bzw. Φ_{10} , Φ_{11}) aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schalt-Zyklus (SZ₃, SZ₄) alle Schaltphasen (Φ_7 , Φ_8 , Φ_9 bzw. Φ_{10} , Φ_{11} , Φ_{12} , Φ_{13})
5 genau einmal beinhaltet.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schaltmittel (T₁, T₂ ... T₇) MOSFETs; IGBTs, GTOs oder Bipolar-Transistoren
10 sind.
8. Verwendung eines in den Ansprüchen 1 bis 9 definierten Verfahrens zum Betreiben
eines DC/DC Tief-Hochsetzsteller in elektronischen Apparaten, in denen Verbraucher
mit unterschiedlichen Spannungen versorgt werden müssen, wie beispielsweise in
15 Mobilfunktelefonen, PDAs (Personal Digital Assistants) oder MP3-Spielern.

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers

Ein Verfahren für einen Tief-Hochsetzsteller, welcher auf einem Buck-Converter basiert, bedient während der Stromabbauphase (Φ_2, Φ_3 bzw. Φ_5, Φ_6) der Spule (L_1)
5 einen Ausgang (B) mit relativ hoher Ausgangsspannung (U_B), wobei $U_B > U_{in}$ ist. Die Abbauphase des Spulen-Stroms (I_{L1}) beinhaltet zumindest zwei unterschiedliche Strom-Abbauphasen (Φ_2, Φ_3 bzw. Φ_5, Φ_6).

Ein Verfahren für einen Tief-Hochsetzsteller, welcher auf einem Boost-Converter
10 basiert, bedient während der Stromaufbauphase (Φ_7 bzw. Φ_{10}) der Spule (L_2) einen Ausgang (D) mit relativ niedriger Ausgangsspannung (U_D), wobei $U_D < U_{in}$ ist. Die Aufbauphase des Spulen-Stroms (I_{L2}) beinhaltet zumindest zwei unterschiedliche Phasen (Φ_7, Φ_8 bzw. Φ_{10}, Φ_{11}).

15 Fig. 2

Fig. 1

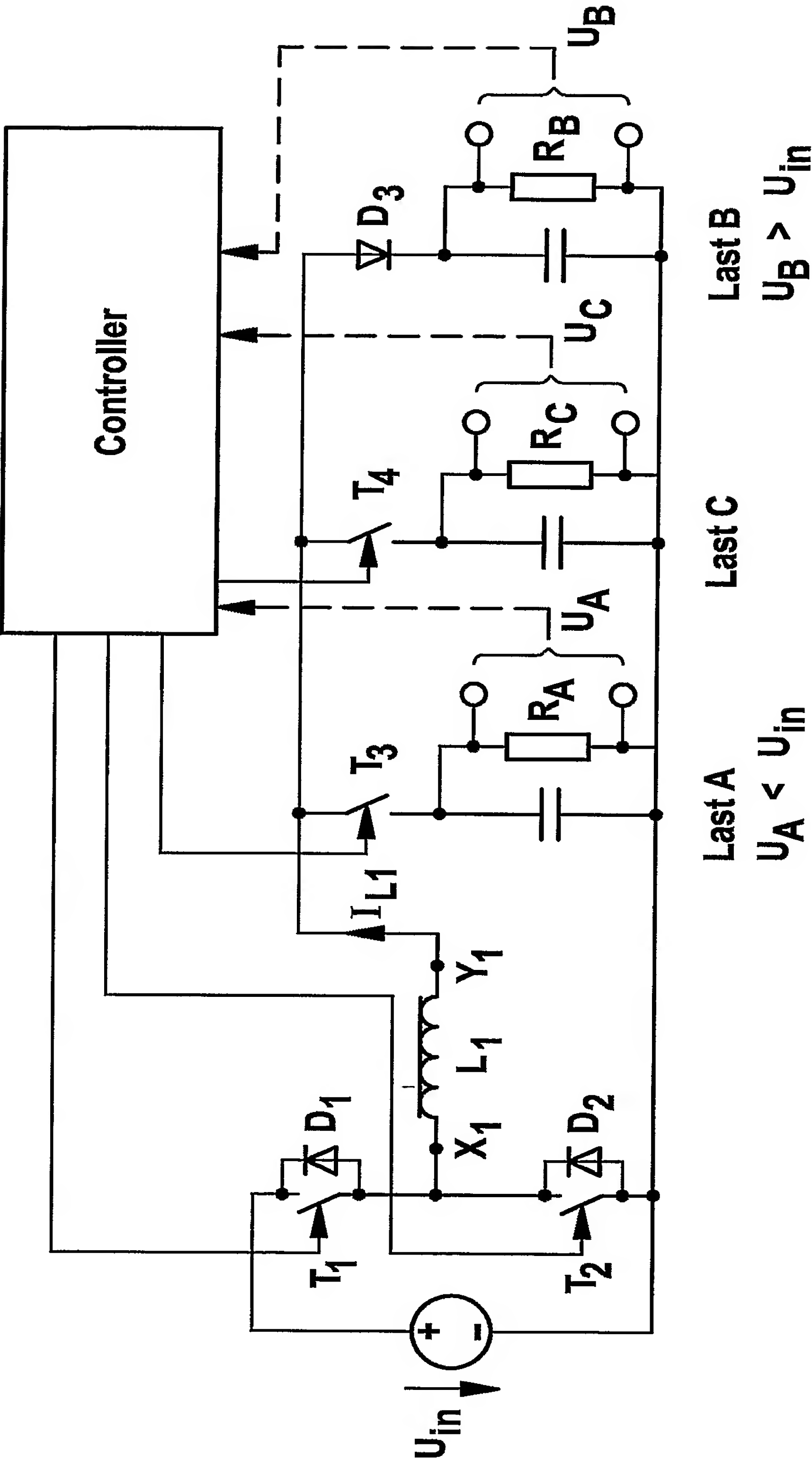


Fig. 2

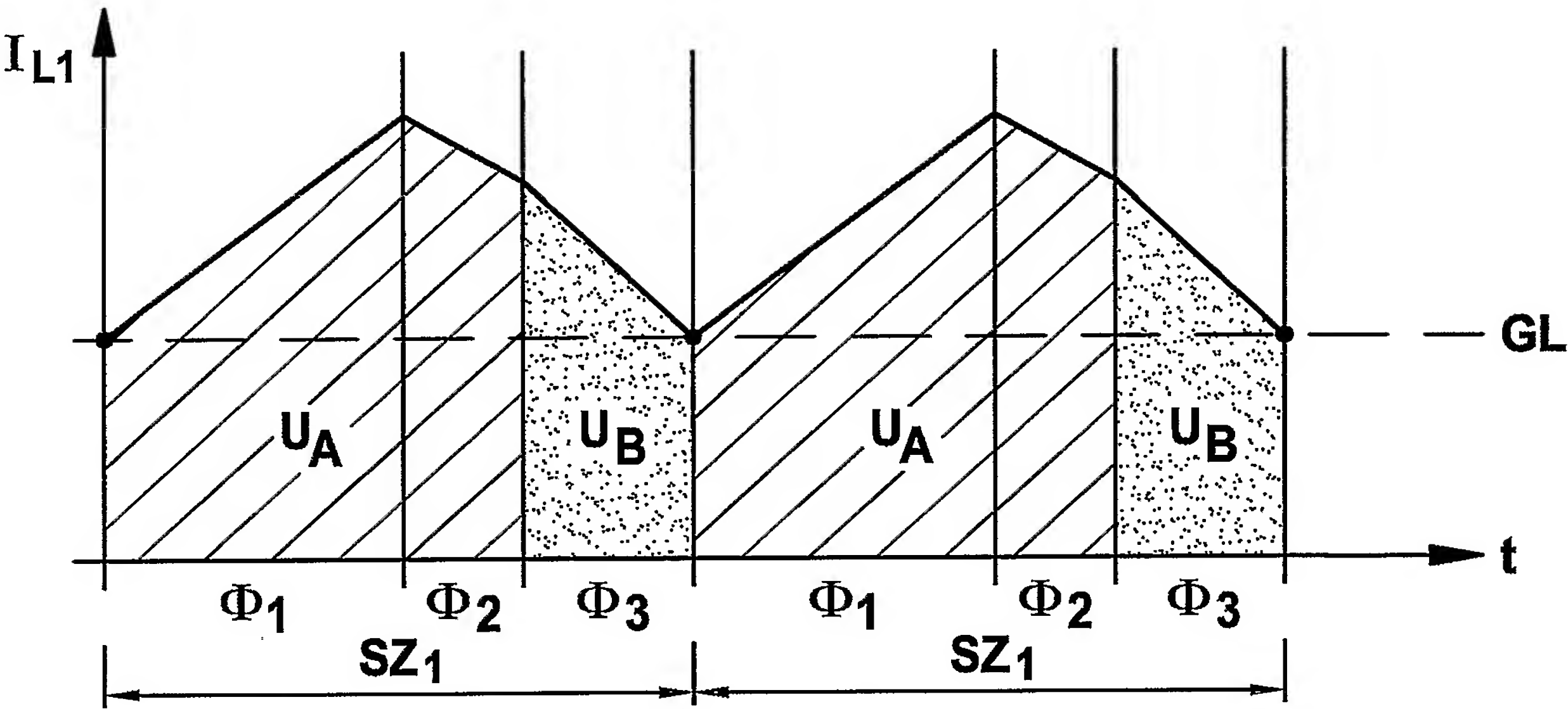


Fig. 3

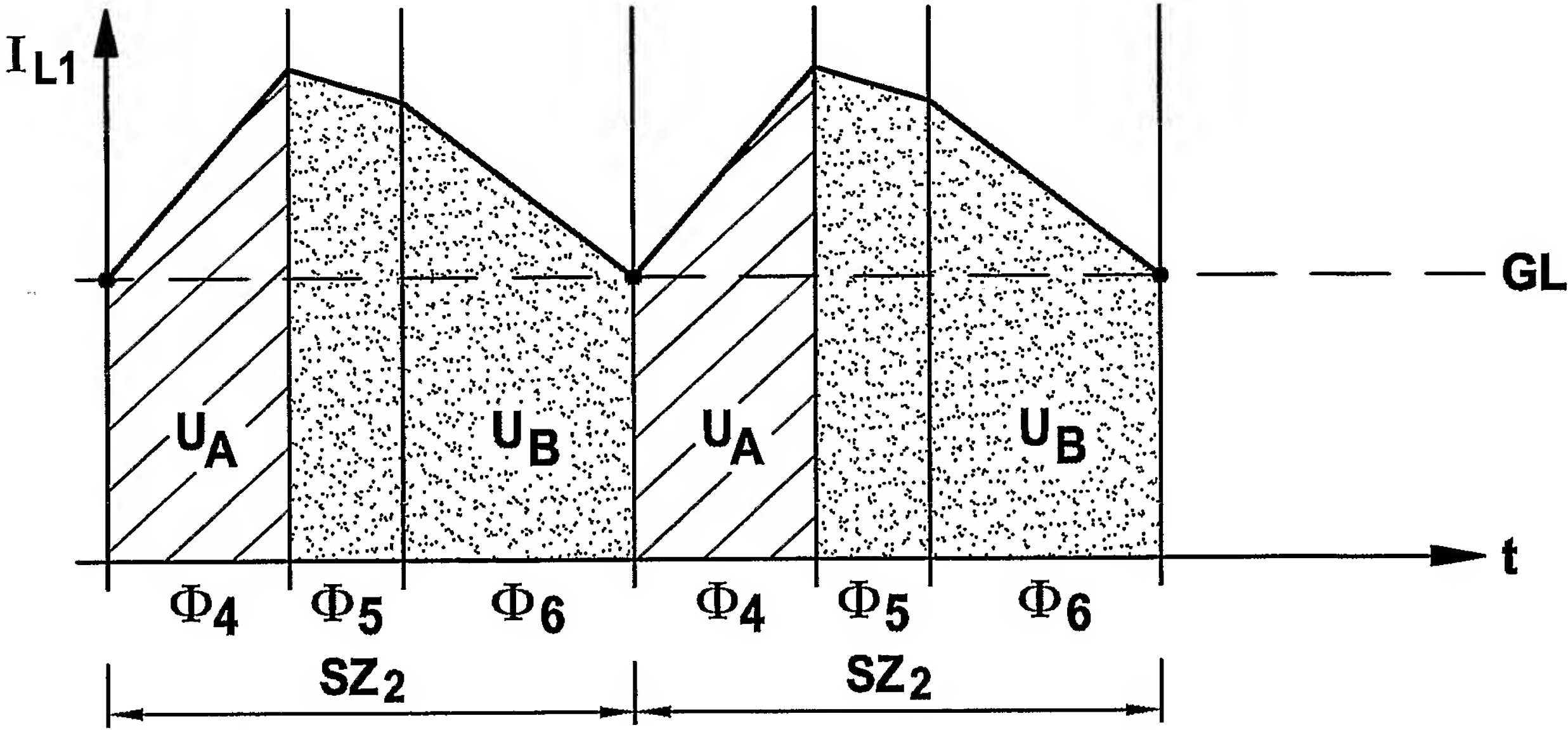


Fig. 4

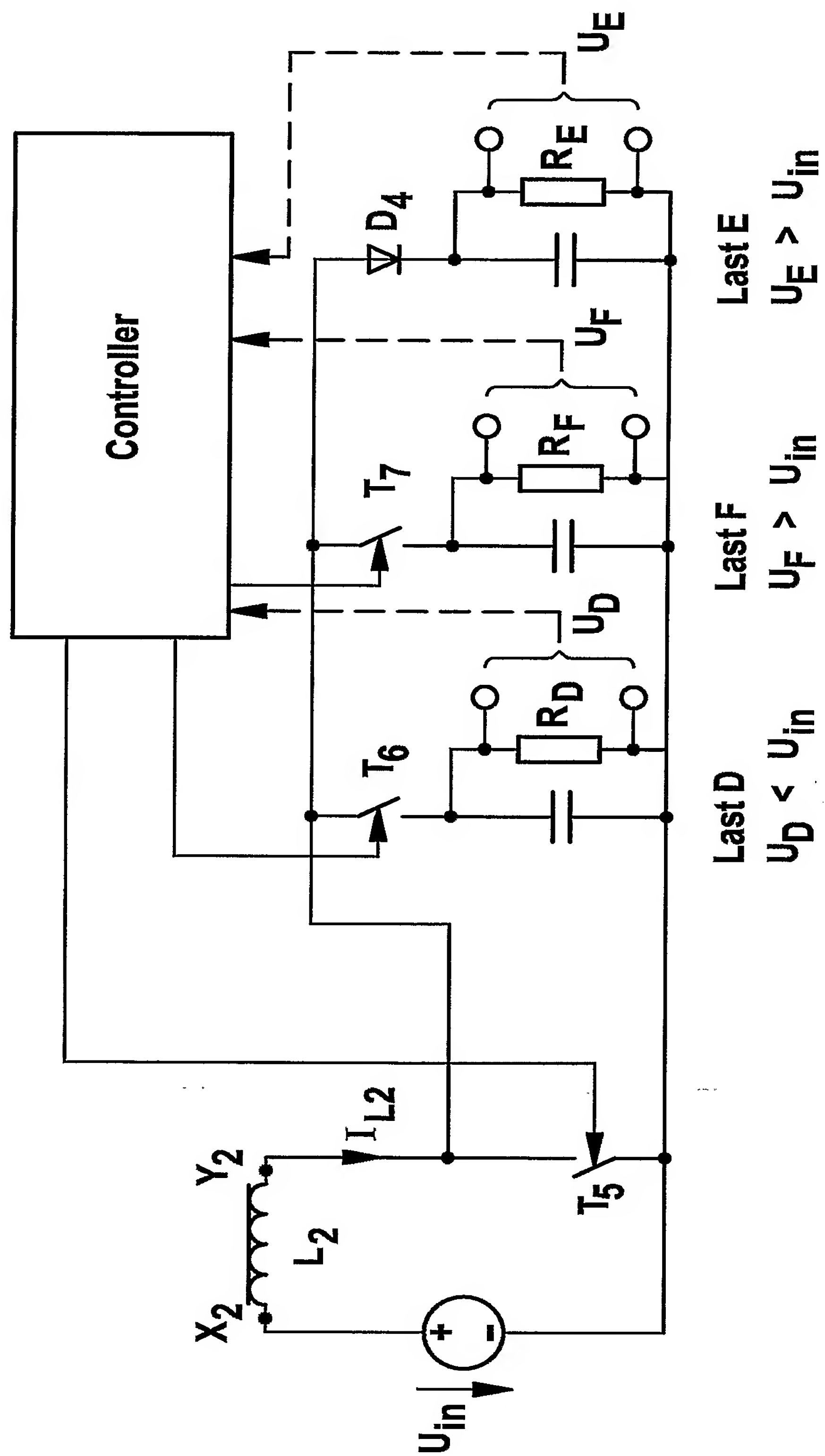


Fig. 5

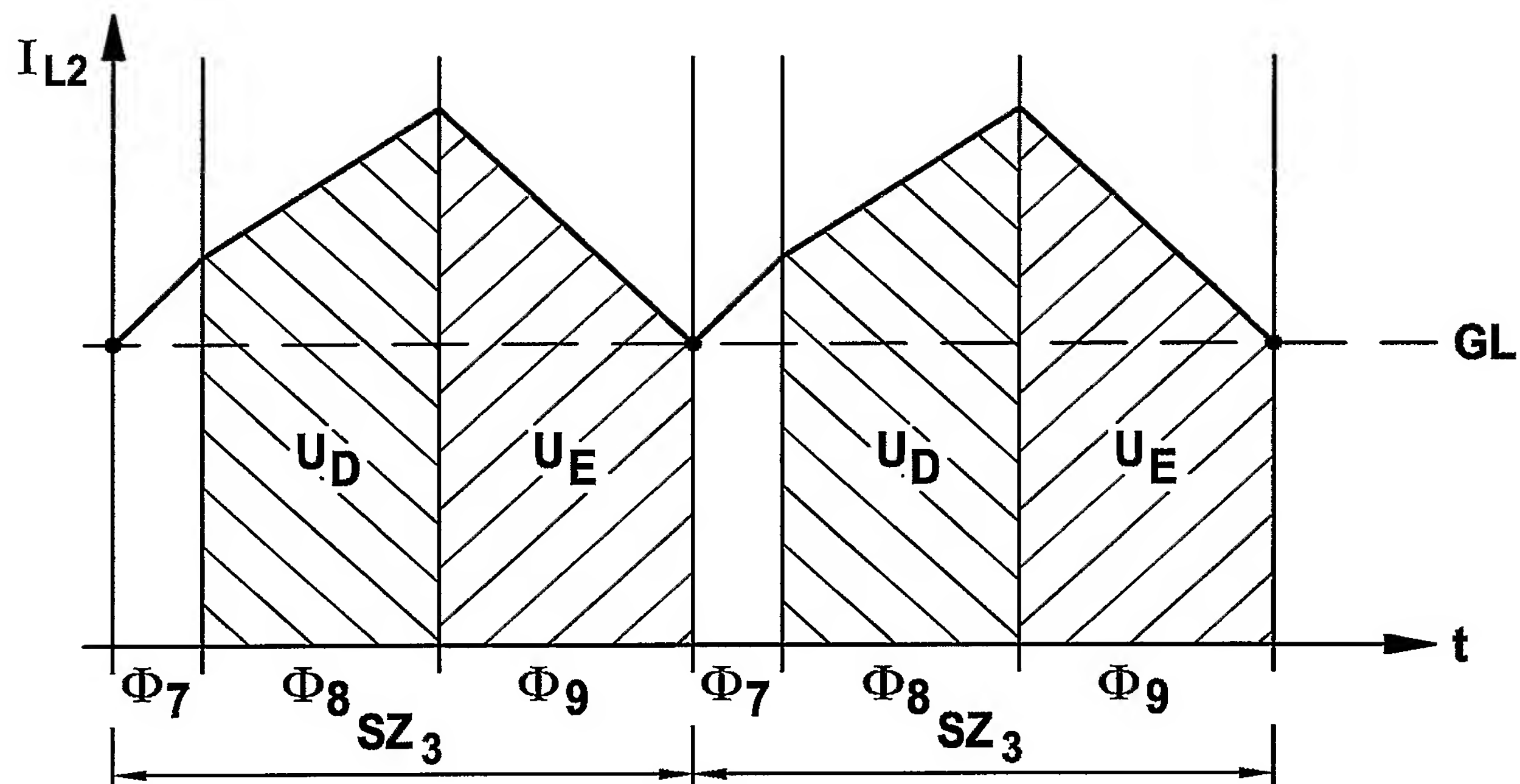
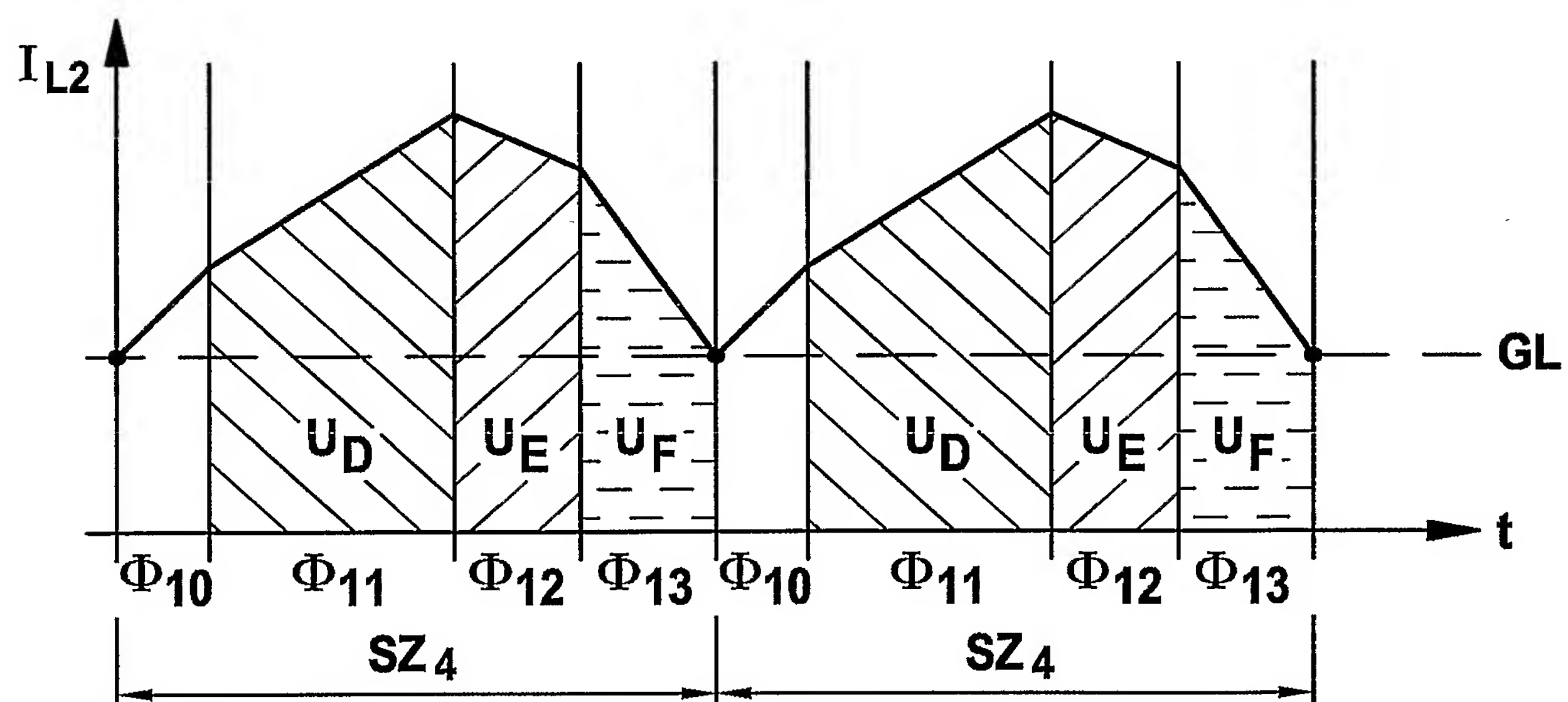


Fig. 6



PCT/IB2004/052900

